

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicants: Nicolas Pierre Georges CERTAIN

Serial No.: Not yet assigned -  
(Claiming priority of French Appln. No. FR 00 17055, filed December 26, 2000)

Filed: (on even date herewith)

For: **DEVICE FOR DAMPED ELASTIC CONNECTION AND METHOD OF  
MANUFACTURING IT**



CLAIM OF PRIORITY UNDER 35 USC 119

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Dear Sir:

A formal claim for the benefit of priority of the filing date of December 26, 2000 of prior French Patent Application No. FR 00 17055, referred to in the Declaration and Power of Attorney document as required by 37 C.F.R. 1.63, is hereby requested for the above-identified application.

A certified copy of the priority document is submitted herewith.

Acknowledgment of this Claim of Priority by the Examiner and/or the Office in the next official communication mailed from the U.S. Patent and Trademark Office, is respectfully requested.

Respectfully submitted,

Nicolas CERTAIN

Nov. 19, 2001  
Date

By: Michael O. Sturm  
Michael O. Sturm  
Reg. No. 26,078

HENDERSON & STURM LLP  
206 Sixth Avenue, Suite 1213  
Des Moines, Iowa 50309-4076  
Telephone: (515) 288-9589  
Telefax: (515) 288-4860

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 05 OCT. 2001

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (1) 42 93 59 30  
[www.inpi.fr](http://www.inpi.fr)

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE  
26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54


Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W / 190600

<b>REMISE DES PIÈCES</b> DATE <b>26 DEC 2000</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI <b>0017055</b> DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI <b>26 DEC. 2000</b>		<b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE</b>  <b>CABINET PLASSERAUD</b>  84, rue d'Amsterdam 75440 PARIS CEDEX 09	
Vos références pour ce dossier (facultatif) <b>BFF000420 - FB/MA</b>			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b> <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N°	Date
ou demande de certificat d'utilité initiale		N°	Date
Transformation d'une demande de brevet européen		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N°	Date
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b>  <b>DISPOSITIF DE LIAISON ELASTIQUE AMORTIE ET SON PROCEDE DE FABRICATION</b>			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation Date Pays ou organisation Date Pays ou organisation Date <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR</b>		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale  Prénoms Forme juridique N° SIREN Code APE-NAF  Adresse Rue Code postal et ville  Pays Nationalité N° de téléphone (facultatif) N° de télécopie (facultatif) Adresse électronique (facultatif)		<b>EUROCOPTER</b>  Société par Actions Simplifiée <b>352383715</b>  <b>AEROPORT INTERNATIONAL MARSEILLE-PROVENCE 13725 MARIGNANE CEDEX</b>  <b>FRANCE</b> Française	

REMISE DES PIÈCES DATE <b>26 DEC 2000</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI <b>0017055</b>		DB 540 W / 190600
<b>Vos références pour ce dossier :</b> <i>(facultatif)</i>		<b>BFF000420</b>
<b>6 MANDATAIRE</b> Nom Prénom Cabinet ou Société		<b>Cabinet PLASSERAUD</b>
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		
Adresse	Rue	<b>84, rue d'Amsterdam</b>
	Code postal et ville	<b>75009 PARIS</b>
N° de téléphone <i>(facultatif)</i> N° de télécopie <i>(facultatif)</i> Adresse électronique <i>(facultatif)</i>		
<b>7 INVENTEUR (S)</b>		
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non <b>Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée</b>
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>		<b>Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)</b>
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Paiement échelonné de la redevance		<b>Paiement en deux versements, uniquement pour les personnes physiques</b> <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		<b>Uniquement pour les personnes physiques</b> <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention <i>(joindre un avis de non-imposition)</i> <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt <i>(joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence):</i>
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes		
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire) Francis BEROGIN 92-4005		<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b>  <b>C. TRAN</b>

**DÉPARTEMENT DES BREVETS**

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

**CERTIFICAT D'UTILITE**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

N° 11639 V2

**DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S)** Page N° 1./1.  
(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260899

<b>Vos références pour ce dossier</b> (facultatif)		BFF000420	
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>		001705	
<b>TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum)			
DISPOSITIF DE LIAISON ELASTIQUE AMORTIE ET SON PROCEDE DE FABRICATION			
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b>			
EUROCOPTER			
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b> (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
<b>Nom</b>		CERTAIN Nicolas, Pierre, Georges	
<b>Prénoms</b>			
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>	Le Mariveaux F2 10, rue Laurent Vibert 13090 AIX EN	
	<b>Code postal et ville</b>	PROVENCE FRANCE	
<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>			
<b>Nom</b>			
<b>Prénoms</b>			
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>		
	<b>Code postal et ville</b>		
<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>			
<b>Nom</b>			
<b>Prénoms</b>			
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>		
	<b>Code postal et ville</b>		
<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>			
<b>DATE ET SIGNATURE(S)</b> <b>DU (DES) DEMANDEUR(S)</b> <b>OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)		Le 22 décembre 2000  <b>CABINET PLASSERAUD</b>  Francis BEROGIN  92-4005	

## **« DISPOSITIF DE LIAISON ELASTIQUE AMORTIE ET SON PROCEDE DE FABRICATION »**

L'invention concerne un dispositif de liaison élastique amortie entre  
5 deux pièces, ainsi que son procédé de fabrication.

Le dispositif de liaison élastique amortie de l'invention est plus  
particulièrement utilisable comme amortisseur de trainée, destiné à être monté  
entre, d'une part, une pale d'un rotor de giravion tel qu'un hélicoptère, et,  
d'autre part, une pale voisine de ce rotor, dans une configuration interpale des  
10 amortisseurs de trainée, ou, plus classiquement, le moyeu de ce rotor.

Un tel amortisseur de trainée, également dénommé adaptateur de  
fréquence en trainée, pour les raisons qui sont données dans FR 2 063 969  
auquel on se reportera pour davantage de précisions à ce sujet, est un  
dispositif de liaison élastique amortie entre une pale et le moyeu ou une autre  
15 pale du rotor, et qui se comporte comme une contrefiche de rappel élastique  
avec amortissement incorporé, rappelant les deux pièces qu'elle relie vers une  
position neutre et assurant un certain amortissement des mouvements relatifs  
alternés des deux pièces autour de cette position neutre, lorsque ladite  
contrefiche est sollicitée essentiellement axialement par ces mouvements  
20 alternatifs.

Le dispositif de liaison élastique amortie selon l'invention est du type  
général dans lequel un matériau visco-élastique, en général un matériau  
élastomère à rémanence élevée à la déformation, génératrice  
d'amortissement, est sollicité en cisaillement entre des armatures rigides liées  
25 aux deux pièces entre lesquelles le dispositif de liaison élastique amortie est  
monté.

Dés dispositifs de liaison élastique amortie de ce type général sont  
décrits notamment dans FR 2 063 969, FR 2 111 845, FR 2 127 061,  
FR 2 672 947, FR 2 677 723 et WO 94/15113.

30 Dans ces documents, le matériau visco-élastique est conformé en  
couches planes, cintrées ou tubulaires, qui sont rendues solidaires, par collage



ou vulcanisation, d'armatures agencées en plaques métalliques planes ou cintrées, ou en armatures tubulaires sensiblement coaxiales.

Pour augmenter la résistance en fatigue, et donc la durée de vie, de tels amortisseurs de trainée, il a déjà été proposé, par FR 2 111 845 sur des  
5 plaques d'élastomère planes ou cintrées, et par FR 2 672 947 et FR 2 677 723 sur une couche d'élastomère en forme de manchon tubulaire, de précontraindre le matériau visco-élastique en compression selon une direction perpendiculaire à celle des efforts de cisaillement, et plus particulièrement radialement de l'extérieur vers l'intérieur dans le cas d'un manchon  
10 d'élastomère, afin d'éliminer les contraintes résiduelles qui se développent dans le matériau visco-élastique en raison de son retrait au refroidissement après moulage, et qui causent des ruptures d'adhésion, la précompression du matériau visco-élastique n'affectant pas sensiblement sa capacité d'amortissement, mais augmentant sa longévité.

15 Actuellement, des rotors principaux d'hélicoptères de faible et moyen tonnages ainsi que des rotors arrière d'hélicoptères de tonnage élevé sont équipés d'adaptateurs de fréquence en trainée de leurs pales qui sont du type cylindrique visco-élastique, avec une couche d'élastomère tubulaire entre deux armatures tubulaires coaxiales et contrainte en compression après moulage,  
20 comme proposé dans FR 2 672 947 et FR 2 677 723.

De plus, les adaptateurs de fréquence en trainée des pales de rotor d'hélicoptère de type visco-élastique ont également évolué, ces dernières années, dans deux autres directions.

L'une d'elles est l'adoption de formes dites « en ménisque » pour les  
25 faces d'extrémités axiales des couches d'élastomère, qui présentent alors des surfaces libres cintrées à concavité tournée axialement vers l'extérieur, et qui ont permis de minimiser les sur-contraintes locales dans l'élastomère, et donc d'obtenir une augmentation très sensible des durées moyennes d'utilisation avant remplacement ou rechange des adaptateurs de fréquence.

30 L'autre direction d'évolution de ces adaptateurs de fréquence découle directement des progrès effectués par les fournisseurs dans le domaine des matériaux élastomère, et en particulier des élastomères de silicone, qui ont

des angles de perte pouvant monter jusqu'à environ 45°, permettant, dans certains cas, de se passer de l'adjonction d'un étage d'amortissement fluide, tel que proposé par exemple dans FR 2 063 969.

Bien que les nouveaux matériaux silicones présentent d'excellentes caractéristiques, notamment en amortissement, et que les adaptateurs de fréquence en trainée de type cylindrique visco-élastique présentent les avantages d'une diminution des surfaces libres de la couche tubulaire d'élastomère avec une définition plus simple et efficace des profils à ménisque, par rapport à une réalisation à plaques d'élastomère, ainsi qu'un gain de 30 à 50 % du coût de l'adaptateur, l'utilisation des adaptateurs de fréquence en trainée du type cylindrique visco-élastique connu rencontre rapidement ses limites pour les raisons expliquées ci-dessous, dès que les hélicoptères, et donc les rotors qui les équipent, augmentent en taille. En particulier, dans ce cas, un adaptateur de fréquence cylindrique visco-élastique n'est pas dimensionnable en tenue à la fatigue, et un adaptateur visco-élastique à plaques, plus lourd et plus cher, doit être utilisé.

Concernant les limites des adaptateurs de fréquence cylindriques élastomériques actuels, et en dehors de la forme en ménisque des faces annulaires d'extrémités axiales de la couche d'élastomère, adoptée, comme déjà mentionné ci-dessus, pour des raisons d'optimisation locale des contraintes, la couche d'élastomère cylindrique présente la même longueur axiale sur l'armature interne que sur l'armature externe. Du fait de sa forme cylindrique tubulaire, la surface, et donc la raideur, de la couche élémentaire intérieure du manchon d'élastomère sont plus faibles que la surface et la raideur de la couche élémentaire extérieure de ce même manchon d'élastomère, et par conséquent la sollicitation de la couche élémentaire intérieure, sous un effort appliqué aux organes de liaison des armatures de l'adaptateur de fréquence aux pièces entre lesquelles ce dernier est monté, est d'autant plus forte que l'épaisseur du manchon d'élastomère est importante.

Ceci reste acceptable sur des hélicoptères de faible ou moyen tonnage, car les sollicitations dynamiques étant assez faibles, les épaisseurs des manchons d'élastomère le sont aussi.

Pour des adaptateurs de fréquence en trainée plus sollicités, et comme  
5 proposé dans WO 94/1511, une solution serait de modifier le profil de la section du manchon d'élastomère selon une coupe axiale, en donnant aux différentes couches élémentaires de ce manchon d'élastomère une longueur axiale inversement proportionnelle à leur rayon, ou encore une longueur axiale et un rayon tels que leur produit soit constant, afin d'avoir des couches  
10 élémentaires du manchon d'élastomère qui sont de même surface, et donc de même raideur, pour obtenir une sollicitation homogène dans tout le manchon d'élastomère.

Mais cette proposition ne procure pas, en réalité, les avantages escomptés car, d'une part, la forme en ménisque, par ailleurs nécessaire pour  
15 les raisons indiquées ci-dessus, au niveau des faces annulaires d'extrémité axiale du manchon d'élastomère perturbe l'optimisation à produit constant de la longueur axiale et du rayon des couches élémentaires du manchon d'élastomère, et, d'autre part, le fait que le manchon d'élastomère ne soit plus confiné localement diminue fortement les effets de la variation de sa longueur  
20 axiale.

Pour le cas où le manchon d'élastomère est trop épais par rapport au rayon de l'armature interne, WO 94/15113 propose de lamifier le manchon d'élastomère en différentes couches tubulaires ayant des propriétés  
25 mécaniques différentes et emmanchées coaxialement les unes dans les autres, mais sans possibilité de contraindre les différentes couches en compression, ce qui hypothèque fortement leurs performances en fatigue.

Dans WO 94/15113, il est proposé que les différentes couches du matériau élastomérique présentent des caractéristiques différentes, variant  
30 d'une faible aptitude à l'amortissement pour la couche radialement la plus interne, à une forte aptitude à l'amortissement pour la couche radialement la plus externe, c'est-à-dire à raideur croissante de la couche interne à la couche externe.

Par ailleurs, WO 94/15113 propose également que des couches contigues d'élastomère du manchon visco-élastique soient séparées radialement l'une de l'autre par une bague cylindrique rigide métallique, facilitant l'évacuation de la chaleur produite dans l'élastomère sollicité, et pour  
5 augmenter la rigidité axiale. Mais, dans ce cas, des évidements axiaux sont ménagés dans les couches contigues d'élastomère et la section de ces évidements est croissante avec le rayon de sorte que la surface, en direction circonférentielle, de chaque couche élémentaire d'élastomère du manchon visco-élastique est sensiblement constante de l'armature interne à l'armature  
10 externe, comme décrit en référence aux figures 6 et 9 de ce document.

Par la présente invention, on se propose de remédier aux inconvénients précités d'un dispositif selon WO 94/15113, et d'obtenir un dispositif de liaison élastique amortie satisfaisant mieux aux diverses exigences de la pratique, lorsqu'il est utilisé comme adaptateur de fréquence fortement chargé, que  
15 ceux proposés par WO 94/15113, et en particulier sur lequel il est possible de contraindre les différentes couches d'élastomère en compression.

Un but de l'invention est de proposer une configuration technologique qui permet d'utiliser des dispositifs de liaison élastique amortie de type cylindrique visco-élastique pour réaliser des amortisseurs de trainée ou  
20 adaptateurs de fréquence en trainée fortement sollicités.

Un autre but de l'invention est de proposer un dispositif de liaison élastique amortie du type connu par WO 94/15113, à au moins deux couches cylindriques tubulaires de matériau visco-élastique, mais dont la structure est telle que chaque couche tubulaire peut être précomprimée lors de la  
25 fabrication, compte tenu de la nécessité pour une couche d'élastomère, et en particulier de silicone, d'être pré-comprimée pour offrir une tenue en fatigue suffisante, afin que le dispositif de liaison élastique amortie selon l'invention puisse être utilisé comme amortisseur de trainée ou adaptateur de fréquence en trainée fortement sollicité sur des rotors de giravion de tonnages élevés.

30 A cet effet, l'invention propose un dispositif de liaison élastique amortie entre deux pièces, le dispositif comprenant au moins un ensemble d'au moins deux manchons cylindriques tubulaires de matériau visco-élastique

emmanchés sensiblement coaxialement les uns dans les autres, avec interposition d'une bague cylindrique rigide et sensiblement coaxiale entre deux manchons visco-élastiques contigus dudit ensemble, de sorte que, pour chaque couple de deux manchons contigus, l'un des deux manchons est un  
5 manchon interne solidaire, par sa face latérale cylindrique interne, d'une face latérale cylindrique externe en regard d'une bague rigide interne, et, par sa face latérale cylindrique externe, d'une face latérale cylindrique interne en regard d'une bague rigide intermédiaire séparant ledit manchon interne de l'autre manchon dudit couple de manchon, qui est un manchon externe  
10 solidaire, par sa face latérale cylindrique interne, d'une face latérale cylindrique externe de ladite bague intermédiaire, et, par sa face latérale cylindrique externe, d'une face latérale cylindrique interne d'une bague rigide externe, la bague la plus interne et la bague la plus externe dudit ensemble étant solidaires respectivement d'une armature interne et d'une armature  
15 externe liées chacune à l'un respectivement de deux organes de liaison auxdites pièces, comme connu par WO 94/15113, et qui se caractérise en ce que, pour chaque couple de deux manchons contigus dudit ensemble, le manchon interne et le manchon externe sont réalisés en un matériau visco-élastique ayant un module de cisaillement respectivement  $g_1$  et  $g_2$  et ont  
20 respectivement une longueur axiale  $L_1$  et  $L_2$ , un rayon intérieur respectivement  $R_1$  et  $R_2$  et une épaisseur respectivement  $e_1$  et  $e_2$  leur donnant une géométrie telle que la formule suivante est sensiblement vérifiée :

$$g_1 \cdot \frac{L_1}{\ln(1 + \frac{e_1}{R_1})} = g_2 \cdot \frac{L_2}{\ln(1 + \frac{e_2}{R_2})}$$

On obtient ainsi un dispositif dans lequel la raideur des différents manchons visco-élastiques est identique, tout en étant compatible avec des faces annulaires d'extrémité axiale des manchons d'élastomère en ménisque, ce qui permet de bénéficier des avantages correspondants même sur des  
30 adaptateurs de fréquence en trainée fortement sollicités.

Dans ce dernier cas, lorsque chacune des deux faces annulaires d'extrémité axiale de chaque manchon visco-élastique est conformée en

ménisque délimité par une surface libre courbe à concavité tournée axialement vers l'extérieur, la longueur axiale de chaque manchon est mesurée entre les fonds des ménisques de ses deux faces annulaires d'extrémité.

Avantageusement, le matériau visco-élastique des manchons est un  
5 élastomère, et de préférence un élastomère de silicone, en particulier à haute valeur d'angle de perte, pouvant atteindre environ 45°.

Dans le dispositif selon l'invention, dont la structure générale a été présentée ci-dessus, chaque manchon visco-élastique est avantageusement moulé et précontraint en compression entre les deux bagues rigides dont ledit  
10 manchon est solidaire par ses faces latérales cylindriques interne et externe.

A cet effet, pour au moins un couple de manchons contigus, le manchon externe est précontraint par rétreint de la bague rigide externe correspondante, ce rétreint de la bague rigide externe pouvant être assuré par déformation plastique de ladite bague rigide externe radialement vers  
15 l'intérieur.

Simultanément ou alternativement, pour au moins un couple de manchons contigus, le manchon interne est précontraint par expansion radiale de la bague rigide interne correspondante, cette expansion radiale de ladite bague rigide interne vers l'extérieur pouvant être assurée par la déformation  
20 plastique de cette bague interne.

Lorsqu'un tel ensemble d'au moins deux manchons visco-élastiques est ainsi précontraint, il est, avantageusement de plus, emmanché et fretté, de préférence par frettage thermique, dans ladite armature externe, agencée en fourreau extérieur, et/ou autour de ladite armature interne, de forme  
25 cylindrique.

En variante, la bague la plus externe dudit ensemble peut présenter, à son extrémité axiale tournée vers l'organe de liaison auquel ladite bague la plus externe est liée, une partie radialement plus épaisse à laquelle l'armature externe est liée de manière amovible par des moyens de fixation, telles que  
30 des vis axiales.

Dans ce cas, la bague la plus externe dudit ensemble peut être rétreinte par galetage de sa partie s'étendant au droit du manchon le plus externe dudit ensemble.

5 Dans d'autres variantes, l'une au moins des bagues la plus externe et la plus interne dudit ensemble peut être intégrée à l'armature externe, respectivement interne.

Dans tous les cas, il est avantageux que les deux organes de liaison soient des embouts filetés à rotule présentant des filetages à pas tournés dans des sens opposés, ou dans le même sens mais de valeur différente, chacun  
10 desdits embouts filetés étant vissés dans un alésage taraudé de l'une respectivement desdites armatures externe et interne, de sorte à permettre le réglage de la longueur axiale du dispositif de liaison, des écrous de blocage freinés étant vissés sur les embouts filetés et serrés contre lesdites armatures de sorte à fixer ladite longueur axiale du dispositif de liaison après son  
15 réglage.

Un dispositif de liaison élastique amortie selon l'invention et tel que présenté ci-dessus peut être fabriqué par un procédé comprenant, pour la fabrication dudit au moins un ensemble d'au moins deux manchons visco-élastiques, au moins les opérations consistant à :

- 20 - mouler le manchon le plus interne dudit ensemble entre, d'une part, la bague la plus interne dudit ensemble ou l'armature interne, et, d'autre part, une bague intermédiaire,
  - rétreindre ladite bague intermédiaire, de sorte à précontraindre en compression le manchon le plus interne,
- 25 - mouler un manchon contigu autour de ladite bague intermédiaire et entre cette dernière et une autre bague, radialement à l'extérieur,
  - rétreindre ladite autre bague radialement à l'extérieur, de sorte à précontraindre en compression ledit manchon contigu, et ainsi de suite jusqu'au moulage du manchon le plus externe dudit ensemble et au rétreint de  
30 la bague la plus externe dudit ensemble.

En variante, le procédé de fabrication peut comprendre, pour la fabrication dudit au moins un ensemble d'au moins deux manchons visco-élastiques, au moins les opérations consistant à :

- mouler tous les manchons visco-élastiques en même temps, par une opération de moulage à très haute pression limitant l'effet du retrait après moulage et pré-comprimant les manchons lors du moulage,
- le manchon le plus interne dudit ensemble étant moulé directement sur ladite armature interne ou sur la bague la plus interne dudit ensemble, et
- le manchon le plus externe étant moulé directement sur ladite armature externe ou sur la bague la plus externe dudit ensemble.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention ressortiront de la description donnée ci-dessous, à titre non limitatif, d'exemples de réalisation décrits en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique en coupe axiale d'un premier exemple de dispositif de liaison élastique amortie à un seul ensemble de deux manchons cylindriques d'élastomère que l'on peut pré-comprimer lors de la fabrication, et
- la figure 2 est une vue analogue à la figure 1 d'une variante du dispositif de la figure 1.

L'adaptateur de fréquence en trainée pour pales de rotor d'hélicoptère de la figure 1 comprend deux manchons 1 et 2 en matériau visco-élastique, qui est un matériau élastomère, et plus particulièrement un élastomère de silicone à fort angle de perte, pouvant atteindre environ 45. Ces deux manchons 1 et 2 sont tubulaires et ont une forme générale cylindrique de section transversale circulaire, et chacune des deux faces annulaires d'extrémité axiale 1a ou 2a de chaque manchon 1 ou 2 est conformée en ménisque, délimité par une surface libre courbe à concavité tournée axialement vers l'extérieur.

Les deux manchons 1 et 2 sont emmanchés l'un dans l'autre, et l'un des manchons est un manchon interne 1 s'étendant axialement entre une bague rigide cylindrique interne 3 et une bague rigide cylindrique intermédiaire 4, tandis que l'autre manchon est un manchon externe 2 qui s'étend



axialement entre la bague intermédiaire 4 et une bague cylindrique rigide externe 5.

Les trois bagues 3, 4 et 5 sont des bagues de section circulaire et métalliques, en un métal ou alliage ductile, par exemple en un alliage d'aluminium.

Les deux manchons 1 et 2 et les trois bagues 3, 4 et 5 sont des éléments tubulaires sensiblement coaxiaux, autour de l'axe longitudinal X-X de l'adaptateur de fréquence, et chacun des manchons 1 ou 2 est solidaire des deux bagues 3 et 4 ou 4 et 5 entre lesquelles il s'étend. Cette solidarisation est assurée par collage ou vulcanisation lors du moulage des manchons 1 et 2 entre les bagues 3, 4 et 5. Plus précisément, le manchon interne 1 est solidaire, par sa face latérale cylindrique interne, de la face latérale cylindrique externe de la bague interne 3, et, par sa face latérale cylindrique externe, de la face latérale cylindrique interne de la bague intermédiaire 4. De manière analogue, le manchon externe 2 est solidaire, par sa face latérale cylindrique interne, de la face latérale cylindrique externe de la bague intermédiaire 4, et, par sa face latérale cylindrique externe de la face latérale cylindrique interne de la bague externe 5, toutes ces faces latérales cylindriques en regard deux à deux sur les manchons 1 et 2 et sur les bagues 3, 4 et 5 étant sensiblement coaxiales autour de l'axe longitudinal X-X.

De manière connue, le moulage des manchons 1 et 2 entre les bagues 3, 4 et 5 est réalisé à chaud et sous pression.

La géométrie de chacun des manchons d'élastomère 1 et 2 est déterminée par son rayon intérieur respectivement  $R_1$  ou  $R_2$ , sa longueur axiale respectivement  $L_1$  ou  $L_2$ , mesurée entre les fonds des ménisques des deux faces annulaires d'extrémité axiale 1a ou 1b correspondantes, et son épaisseur respectivement  $e_1$  ou  $e_2$ . Selon une mesure technique propre à l'invention, la géométrie des manchons d'élastomère 1 et 2 est choisie de sorte que leur raideur soit identique, c'est-à-dire que l'égalité suivante est respectée :

$$\frac{\frac{L1}{\ln(1 + e1)}}{R1} = \frac{\frac{L2}{\ln(1 + e2)}}{R2}$$

où : ln est le logarithme Népérien, dans le cas où le matériau visco-élastique des manchons 1 et 2 a le même module de cisaillement.

Mais il est possible que chacun des deux manchons 1 et 2 soit réalisé avec l'un respectivement de deux matériaux visco-élastiques différents, ayant des modules de cisaillement différents respectivement g1 et g2. Dans ce cas, la géométrie des deux manchons 1 et 2 est telle que soit vérifiée l'égalité

suivante :

$$g1 \cdot \frac{\frac{L1}{\ln(1 + e1)}}{R1} = g2 \cdot \frac{\frac{L2}{\ln(1 + e2)}}{R2}$$

L'une ou l'autre des deux formules données ci-dessus doit être sensiblement vérifiée après la pré-compression des deux manchons d'élastomère 1 et 2 lors de la fabrication.

Après le moulage à chaud et sous pression des deux manchons d'élastomère 1 et 2 entre les bagues cylindriques 3, 4 et 5, l'élastomère du manchon externe 2 est précontraint par rétreint de la bague externe 5, et l'élastomère du manchon interne 1 est précontraint par une expansion radiale vers l'extérieur de la bague interne 3, après fabrication de l'ensemble 6 constitué des deux manchons 1 et 2 et des trois bagues 3, 4 et 5. Ainsi, l'élastomère de chacun des manchons 1 et 2 est précontraint en compression entre les deux bagues rigides 3 et 4 ou 4 et 5 dont le manchon 1 ou 2 considéré est solidaire par ses faces latérales cylindriques interne et externe.

Le rétreint de la bague externe 5 est, par exemple, effectué par passage de l'ensemble 6 dans une filière d'un diamètre inférieur au diamètre externe de cet ensemble 6, c'est-à-dire inférieur au diamètre externe de la bague externe 5, ce qui provoque la déformation plastique de la bague externe 5 radialement vers l'intérieur.

L'expansion radiale vers l'extérieur de la bague interne 3 est effectuée, par exemple, par passage axial dans l'ensemble 6 d'une noix d'un diamètre

supérieur au diamètre interne de la bague interne 3, ce qui provoque la déformation plastique en expansion radiale de la bague interne 3.

5 D'autres modes de déformation plastique de la bague interne 3 radialement vers l'extérieur et de la bague externe 5 radialement vers l'intérieur peuvent être mis en œuvre pour précontraindre par compression l'élastomère des manchons 1 et 2 de l'ensemble 6.

10 L'ensemble 6, ainsi précontraint dans ses deux manchons 1 et 2, est ensuite emmanché par sa bague externe 5 dans un fourreau extérieur 7a, préalablement chauffé donc dilaté en expansion radiale, d'une armature externe 7, et par sa bague interne 3 autour de la partie tubulaire 8a, préalablement refroidie donc radialement rétractée vers l'intérieur, d'une armature interne cylindrique 8, de sorte qu'après refroidissement du fourreau 7a de l'armature externe 7 et réchauffement de la partie tubulaire 8a de l'armature interne 8 sensiblement à la température ambiante de service, 15 l'ensemble 6 est solidarisé par frettage thermique dans le fourreau extérieur 7a sur la partie 8a de l'armature interne cylindrique 8.

Chacune des armatures interne 8 et externe 7 est liée respectivement à l'un de deux organes de liaison 9 et 10 permettant de rattacher l'adaptateur de fréquence ainsi constitué aux deux pièces entre lesquelles il doit être monté, 20 par exemple, à une extrémité, une chape 13 en saillie latérale sur un organe de liaison d'une pale de rotor au moyeu de ce rotor, et, à l'autre extrémité, une chape 14 en saillie latérale sur le bord du moyeu du rotor ou sur l'organe de liaison d'une pale voisine du rotor.

25 Les organes de liaison 9 et 10 sont des embouts filetés à rotule vissés chacun par une tige filetée 9a ou 10a dans un alésage taraudé ménagé axialement dans une partie centrale et axiale 7b ou 8b de l'armature externe 7 ou interne 8 correspondante.

30 Les embouts 9 et 10 sont identiques, sauf au niveau des filetages des tiges filetées 9a et 10a, dont les pas sont, comme connu, opposés, c'est-à-dire tournés dans des sens opposés, ou, en variante et de préférence, dont les pas sont tournés du même côté (à droite par convention) mais sont de valeurs différentes. Un réglage précis de la longueur (axiale) de l'adaptateur est alors

très facile, puisque, pour un tour du corps de l'adaptateur, constitué par l'ensemble 6 et ses armatures interne 8 et externe 7, autour de son axe longitudinal X-X, par rapport aux embouts 9 et 10, la distance entre ces embouts 9 et 10 varie de la différence des pas de vis de leurs tiges filetées 9a et 10a. Les embouts 9 et 10 sont attachés aux chapes 13 et 14 par des axes traversant ces dernières ainsi que les rotules des embouts 9 et 10, de manière bien connue.

Des écrous 11 et 12, vissés sur les tiges filetées 9a et 10a des embouts 9 et 10, permettent de bloquer ces derniers, afin de donner une longueur déterminée à l'adaptateur, par serrage axial des écrous 11 et 12 contre les parties centrales 7b et 8b des armatures externe 7 et interne 8. De manière connue, ces écrous 11 et 12 sont freinés par rapport aux armatures adjacentes 7 et 8 par fil frein ou par plaquette frein, pour fixer la longueur axiale de l'adaptateur après son réglage en longueur.

Cette configuration de dispositif de liaison élastique amortie, décrite dans son application à un amortisseur de trainée ou adaptateur de fréquence en trainée des pales d'un rotor d'hélicoptère, permet, dans un volume donné, d'optimiser le comportement à la fatigue de l'élastomère par réduction des disparités des sollicitations locales dans les manchons visco-élastiques 1 et 2, grâce à la géométrie particulière de ces derniers, et, également, de mouler en une seule fois ces deux manchons d'élastomères 1 et 2, dont l'élastomère peut ensuite être précontraint en compression pour éliminer l'effet de retrait, dû au refroidissement après moulage, et assurer ainsi un bon comportement à la fatigue.

En outre, et comme connu par WO 94/15113, la configuration d'adaptateur selon la figure 1 permet d'améliorer l'évacuation des calories dissipées dans l'élastomère des manchons 1 et 2 par conduction dans la bague cylindrique intermédiaire 4, et d'augmenter la raideur radiale de l'adaptateur, ce qui est très intéressant dans le cas d'adaptateurs interpales (montés chacun entre deux pales voisines du rotor), qui sont soumis radialement au champ centrifuge, afin de diminuer les disparités de charges locales dans l'élastomère des manchons 1 et 2.

10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que ledit ensemble (6) d'au moins deux manchons (1, 2) visco-élastiques est emmanché et freiné, de préférence par freinage thermique, dans ladite armature externe (7), agencée en fourreau extérieur (7a), et/ou autour  
5 de ladite armature interne (8), de forme cylindrique.
11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que la bague la plus externe (5') dudit ensemble (6') présente, à son extrémité axiale tournée vers l'organe de liaison (9) auquel ladite bague la plus externe (5') est liée, une partie radialement plus épaisse à laquelle l'armature  
10 externe (7') est liée de manière amovible par des moyens de fixation (15), telles que des vis axiales.
12. Dispositif selon la revendication 11, caractérisé en ce que la bague la plus externe (5') dudit ensemble (6') est rétreinte par galetage de sa partie s'étendant au droit du manchon (2) le plus externe dudit ensemble (6').
13. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que l'une au moins des bagues la plus interne (3) et la plus externe (5) dudit ensemble (6) est intégrée à l'armature interne (8) respectivement externe (7).  
15
14. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que lesdits deux organes de liaison sont des embouts filetés à rotule (9, 10) présentant des filetages à pas tournés dans des sens opposés, ou le même sens mais de valeur différente, chacun desdits embouts filetés (9, 10) étant vissé (9a, 10a) dans un alésage taraudé de l'une respectivement  
20 desdites armatures externe (7) et interne (8), de sorte à permettre le réglage de la longueur axiale du dispositif de liaison, des écrous de blocage (11, 12) freinés étant vissés sur les embouts filetés (9, 10) et serrés contre lesdites armatures (7, 8) de sorte à fixer ladite longueur axiale du dispositif de liaison après son réglage.  
25
15. Procédé de fabrication d'un dispositif de liaison élastique amortie selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, caractérisé en ce qu'il comprend, pour la fabrication dudit au moins un ensemble (6) d'au moins deux manchons visco-élastiques (1, 2), au moins les opérations consistant à :  
30

- mouler le manchon le plus interne (1) dudit ensemble (6) entre, d'une part, la bague la plus interne (3) dudit ensemble (6) ou l'armature interne (8), et, d'autre part, une bague intermédiaire (4),

5 - rétreindre ladite bague intermédiaire (4), de sorte à précontraindre en compression le manchon le plus interne (1),

- mouler un manchon contigu (2) autour de ladite bague intermédiaire (4) et entre cette dernière et une autre bague (5), radialement à l'extérieur,

10 - rétreindre ladite autre bague (5), de sorte à précontraindre en compression ledit manchon contigu (2), et ainsi de suite jusqu'au moulage du manchon le plus externe (2) dudit ensemble (6) et au rétreint de la bague la plus externe (5) dudit ensemble (6).

16. Procédé de fabrication d'un dispositif de liaison élastique amortie selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, caractérisé en ce qu'il comprend, pour la fabrication dudit au moins un ensemble (6, 6') d'au moins deux  
15 manchons (1, 2) visco-élastiques, au moins les opérations consistant à :

- mouler tous les manchons visco-élastiques (1, 2) en même temps, par une opération de moulage à très haute pression limitant l'effet du retrait après moulage et pré-comprimant les manchons (1, 2) lors du moulage,

20 - le manchon le plus interne (1) dudit ensemble (6, 6') étant moulé directement sur ladite armature interne (8) ou sur la bague la plus interne (3) dudit ensemble (6, 6'), et

- le manchon le plus externe (2) étant moulé directement sur ladite armature externe (5) ou sur la bague la plus externe (5) dudit ensemble (6, 6').

En variante, comme représenté sur la figure 2, la bague externe de l'ensemble à deux manchons en élastomère peut être intégrée au fourreau extérieur de l'armature externe 7' et constituer avec ce fourreau une unique pièce 5' tubulaire, à surface latérale interne cylindrique, mais à surface latérale  
5 externe tronconique, car cette bague externe ou fourreau extérieur 5' présente une partie radialement plus épaisse du côté de son extrémité axiale tournée vers un flasque transversal 7'c de l'armature externe 7', ce flasque 7'c étant solidaire de la partie centrale 7'b de cette même armature externe 7' qui est traversée par l'alésage axial taraudé recevant la tige filetée 9a de l'embout  
10 fileté à rotule 9 correspondant.

Dans cette variante, la bague externe 5' de l'ensemble 6', par ailleurs identique à l'ensemble 6 de l'exemple précédent, en ce qu'il comprend les mêmes manchons d'élastomère interne 1 et externe 2 et les mêmes bagues interne 3 et intermédiaire 4, est fixée au flasque 7'c de l'armature externe 7'  
15 par des vis axiales 15 traversant la périphérie radiale externe du flasque 7'c et se logeant dans la partie d'extrémité axiale plus épaisse de la bague externe 5'.

L'intérêt de lier la bague externe 5' à l'armature externe 7' de manière amovible, par des moyens de fixation qui permettent la solidarisation et  
20 désolidarisation de ces deux éléments 5' et 7', est de pouvoir faire une inspection précise des ménisques intérieurs 1a et 2a des faces d'extrémité axiale des manchons d'élastomère 1 et 2, lorsque la liaison par les vis 15 est démontée.

Dans cette variante, dans laquelle les autres composants de  
25 l'adaptateur sont identiques aux composants correspondants de l'exemple précédent, et sont donc repérés par les mêmes références numériques, la précontrainte en compression de l'élastomère du manchon externe 2 est assurée par un rétreint de la bague externe 5' réalisé par déformation plastique radialement vers l'intérieur par galetage de la zone de cette armature  
30 externe 5' qui s'étend au droit de l'élastomère du manchon externe 2.

Selon d'autres variantes, l'une et/ou l'autre des bagues interne 3 et externe 5 de l'exemple de la figure 1 peut être intégrée dans et d'une seule

pièce avec la partie tubulaire cylindrique 8a de l'armature interne 8 et/ou la partie tubulaire externe formant le fourreau extérieur 7a de l'armature externe 7.

Dans les réalisations des figures 1 et 2, l'adaptateur ne comporte qu'un seul ensemble 6 ou 6' à seulement deux manchons d'élastomère 1 et 2. Mais l'adaptateur peut comporter plusieurs ensembles tels que 6 ou 6', espacés axialement mais toujours sensiblement entre une armature interne et une armature externe, et, en outre, l'ensemble 6 ou 6' ou chacun de plusieurs ensembles 6 ou 6' empilés axialement peut comporter plus de deux manchons d'élastomère tels que 1 et 2.

En particulier, en se référant à la figure 1, si l'ensemble 6 comporte un troisième manchon d'élastomère, entourant les deux autres 1 et 2, il est clair que ce troisième manchon sera solidarisé autour de la bague 5, qui sera alors une seconde bague intermédiaire, une bague externe supplémentaire entourant le manchon d'élastomère supplémentaire et étant elle-même entourée par un fourreau extérieur tel que 7a. Dans une telle réalisation, conformément à l'invention, les formules données ci-dessus devront être vérifiées pour chaque couple de deux manchons d'élastomère contigus, à savoir pour un premier couple comprenant les manchons 1 et 2, et pour un second couple comprenant le manchon 2 et le troisième manchon, le plus externe de l'ensemble, lui-même entouré d'une bague supplémentaire, la plus externe de l'ensemble.

Pour le second couple de deux manchons d'élastomère contigus, le manchon 2 est le manchon interne et la bague 4 est la bague interne, tandis que la bague 5 est la bague intermédiaire, le manchon externe étant le troisième manchon ou manchon supplémentaire, et la bague externe étant la bague qui entoure ce troisième manchon. Mais la bague 3 reste la bague la plus interne de l'ensemble, dont la bague la plus externe est la bague supplémentaire entourant le troisième manchon.

D'une manière générale, l'adaptateur comprend un ou plusieurs ensembles, chaque ensemble comprenant lui-même deux ou plus de deux manchons d'élastomère séparés par des bagues rigides cylindriques.



La fabrication d'un tel ensemble peut être assurée en moulant tout d'abord le manchon le plus interne de l'ensemble entre, d'un côté, la bague la plus interne de cet ensemble et, de l'autre côté, une bague intermédiaire, par exemple, dans le cas de la figure 1, en moulant le manchon interne 1 entre la  
5 bague interne 3 et la bague intermédiaire 4. Puis on précontraint par compression l'élastomère du premier manchon moulé par rétreint de la première bague intermédiaire, en l'occurrence la bague 4 sur la figure 1. Puis on moule le manchon adjacent, tel que le manchon 2 de la figure 1, autour de la bague intermédiaire qui vient d'être rétreinte, entre cette dernière et une  
10 autre bague radialement à l'extérieur, telle que la bague 5 de la figure 1. On rétreint ensuite cette autre bague 5, de sorte à précontraindre en compression le second manchon moulé tel que 2, et ainsi de suite jusqu'au moulage du manchon le plus externe de l'ensemble et au rétreint de la bague la plus externe de cet ensemble.

15 Dans ce cas, il est clair que la bague la plus interne de l'ensemble, telle que la bague 3 de la figure 1, peut être supprimée, et le manchon le plus interne tel que le manchon 1 peut être moulé directement sur et autour de la partie tubulaire 8a de l'armature interne 8. Cette variante correspond à celle évoquée ci-dessus, dans laquelle la bague la plus interne est intégrée à  
20 l'armature interne.

La fabrication d'un tel ensemble peut également se faire par un moulage simultané et à très haute pression de tous les manchons d'élastomère, la pression de moulage étant sensiblement maintenue après moulage et suffisante pour permettre de limiter l'effet du retrait de l'élastomère  
25 des manchons après moulage et refroidissement. Les manchons d'élastomère ne sont pas pré-comprimés par rétreint des bagues interne ou externe entre lesquelles ces manchons sont moulés, mais par l'effet de la très forte pression lors du moulage et du refroidissement.

Dans ce cas, la bague interne, telle que la bague 3 de la figure 1, peut  
30 être supprimée ou intégrée à la partie tubulaire 8a de l'armature interne 8, et le manchon interne tel que 1 sur la figure 1 peut être moulé directement sur et autour de cette partie tubulaire 8a de l'armature interne 8. De manière

analogue, la bague externe, telle que la bague 5 de la figure 1, peut être supprimée ou intégrée au fourreau extérieur 7a de l'armature externe 7, le manchon externe tel que 2 étant alors moulé directement sur la face latérale interne du fourreau extérieur 7a. Dans ce cas, le fourreau 7a peut ne pas être rétreint par déformation radiale vers l'intérieur pour comprimer l'élastomère du manchon externe 2, car une précompression suffisante peut être assurée par la très haute pression de moulage et de refroidissement.

On réalise ainsi des dispositifs de liaison élastiques amortie utilisables comme amortisseurs de trainée ou adaptateurs de fréquence en trainée très chargés sur des rotors d'hélicoptère de tonnage élevé, et qui ont une masse qui n'est pas sensiblement supérieure à celle des adaptateurs de fréquence de l'état de la technique tout en présentant un coût inférieur de 20 % à 30 %, par construction, et en offrant une durée moyenne entre remplacement (MTBR) très supérieure à celle des dispositifs actuels.

## REVENDICATIONS

- 5 1. Dispositif de liaison élastique amortie entre deux pièces, tel qu'un amortisseur de trainée ou adaptateur de fréquence en trainée destiné à être monté entre, d'une part, une pale d'un rotor de giravion, et, d'autre part, une pale voisine ou un moyeu dudit rotor, le dispositif comprenant au moins un ensemble (6) d'au moins deux manchons (1, 2) cylindriques tubulaires de  
10 matériau visco-élastique emmanchés sensiblement coaxialement (X-X) les uns dans les autres, avec interposition d'une bague (4) cylindrique rigide et sensiblement coaxiale entre deux manchons (1, 2) visco-élastiques contigus dudit ensemble (6), de sorte que, pour chaque couple de deux manchons (1, 2) contigus, l'un des deux manchons est un manchon interne solidaire, par sa  
15 face latérale cylindrique interne (1), d'une face latérale cylindrique externe en regard d'une bague rigide interne (3), et, par sa face latérale cylindrique externe, d'une face latérale cylindrique interne en regard d'une bague rigide intermédiaire (4) séparant ledit manchon interne (1) de l'autre manchon dudit couple de manchon, qui est un manchon externe (2) solidaire, par sa face  
20 latérale cylindrique interne, d'une face latérale cylindrique externe de ladite bague intermédiaire (4), et, par sa face latérale cylindrique externe, d'une face latérale cylindrique interne d'une bague rigide externe (5), la bague la plus interne (3) et la bague la plus externe (5) dudit ensemble (6) étant solidaires respectivement d'une armature interne (8) et d'une armature externe (7) liées  
25 chacune à l'un respectivement de deux organes (9, 10) de liaison auxdites pièces (13, 14),  
caractérisé en ce que, pour chaque couple de deux manchons (1, 2) contigus dudit ensemble (6), le manchon interne (1) et le manchon externe (2) sont réalisés en un matériau visco-élastique ayant un module de cisaillement  
30 respectivement  $g_1$  et  $g_2$  et ont respectivement une longueur axiale  $L_1$  et  $L_2$ , un rayon intérieur respectivement  $R_1$  et  $R_2$  et une épaisseur respectivement  $e_1$  et  $e_2$  leur donnant une géométrie telle que la formule suivante est sensiblement vérifiée :

$$g1 \cdot \frac{L1}{\ln(1 + \frac{e1}{R1})} = g2 \cdot \frac{L2}{\ln(1 + \frac{e2}{R2})}$$

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que chacune des  
5 deux faces annulaires d'extrémité axiale (1a, 2a) de chaque manchon visco-élastique (1, 2) est conformée en ménisque délimité par une surface libre courbe à concavité tournée axialement vers l'extérieur, et en ce que la longueur axiale (L1, L2) de chaque manchon (1, 2) est mesurée entre les fonds des ménisques de ses deux faces annulaires d'extrémité (1a, 2a).
- 10 3. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le matériau visco-élastique des manchons (1, 2) est un élastomère, et de préférence un élastomère de silicone.
4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'élastomère des manchons (1, 2) est un élastomère de silicone à haute valeur d'angle de  
15 perte, pouvant atteindre environ 45°.
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que chaque manchon (1, 2) visco-élastique est moulé et précontraint en compression entre les deux bagues rigides (3, 4 ; 4, 5) dont ledit manchon (1, 2) est solidaire par ses faces latérales cylindriques interne et externe.
- 20 6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que, pour au moins un couple de manchons (1, 2) contigus, le manchon externe (2) est précontraint par rétreint de la bague rigide externe (5) correspondante.
7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que ledit rétreint de la bague rigide externe (5) est assuré par déformation plastique de ladite  
25 bague rigide externe (5) radialement vers l'intérieur.
8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, caractérisé en ce que, pour au moins un couple de manchons (1, 2) contigus, le manchon interne (1) est précontraint par expansion radiale de la bague rigide interne (3) correspondante.
- 30 9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que ladite expansion radiale de ladite bague rigide interne (3) vers l'extérieur est assurée par la déformation plastique de ladite bague rigide interne (3).

